

孙劭,李多,刘绿柳,等,2017. 2016 年全球重大天气气候事件及其成因[J]. 气象,43(4):477-485.

# 2016 年全球重大天气气候事件及其成因<sup>\*1</sup>

孙 劭<sup>1,2</sup> 李 多<sup>1</sup> 刘绿柳<sup>1</sup> 王遵娅<sup>1</sup> 尹宜舟<sup>1</sup>

1 国家气候中心,北京 100081

2 中国气象局气候研究开放实验室,北京 100081

**提 要:** 2016 年全球主要温室气体浓度持续上升,地表温度相比工业化时代之前水平偏高 1.1℃,成为有气象记录以来的最热年。受全球变暖影响,北极海冰全年处于较低水平,格陵兰冰盖和南极海冰的消融程度明显增强;海洋温度升高致使全球海平面上升和海洋环境变化。在超强厄尔尼诺事件背景下,受大气环流异常影响,全球降水空间分布不均,年初多地旱情持续发展,造成粮食和水资源危机;年内暴雨洪涝、高温热浪、寒流暴雪和热带气旋等各类极端天气气候事件频繁发生,在世界各地造成了严重人口伤亡和社会经济损失。本文总结了 2016 年全球重大天气气候事件及其影响,并重点分析了中国长江流域降水异常偏多及美国高温热浪天气两个典型事件的形成原因。分析表明,夏季西太平洋副热带高压偏西偏强,致使西南低空急流作为水汽通道将低纬暖湿气流向长江流域输送,配合同期亚洲东北部的高空槽引导高纬冷空气南下,冷暖气团的共同作用导致了长江流域强降水事件频发、汛情严重;北美副热带高压在美国境内一段时期内的稳定停滞以及低纬水汽输送条件偏差,是 7 月美国中东部地区高温热浪天气事件发生的主要原因。

**关键词:** 表面温度,降水量,厄尔尼诺,极端事件,天气气候,气象灾害

**中图分类号:** P461

**文献标志码:** A

**DOI:** 10.7519/j.issn.1000-0526.2017.04.010

## Global Major Weather and Climate Events in 2016 and the Possible Causes

SUN Shao<sup>1,2</sup> LI Duo<sup>1</sup> LIU Lüliu<sup>1</sup> WANG Zunya<sup>1</sup> YIN Yizhou<sup>1</sup>

1 National Climate Centre, Beijing 100081

2 Laboratory for Climate Studies, CMA, Beijing 100081

**Abstract:** The year 2016 is the hottest year on the world record. The surface temperature is 1.1℃ above those of the pre-industrial with the major greenhouse gas concentrations continuing to rise. Under the impact of global warming, Arctic sea ice remained at very low levels and there was significant melting of continental ice on Greenland and Antarctic. Warming also affected the oceans, resulting in global sea level rising and the changes of marine environment. Droughts continued into early 2016, causing food and water crisis in numerous parts of the world. Various kinds of extreme climate events occurred frequently and caused serious social and economic losses worldwide. This paper summarizes the major events and the impact in 2016, and analyses the main causes of typical events including the flood disasters in the Yangtze River Basin in China and the heat wave during summer in the United States. Analysis shows that the westward extension and enhancement of West Pacific subtropical high led to the transport of warm and moist air flows from low latitude to the Yangtze River Basin, while the upper trough in Northeastern Asia brought the cold air southward. The interaction of the warm and cold air masses led to the extremely heavy rainfalls and severe floods in China. The stagnation and stability of North America subtropical high and the

\* 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201506002)和中国气象局气候研究开放实验室青年基金项目(2017 年度)共同资助  
2017 年 3 月 27 日收稿; 2017 年 3 月 31 日收修定稿  
第一作者: 孙劭,主要从事气候变化与灾害风险研究. Email: sunshao@cma.gov.cn

weakening condition of water vapor transport are the main cause for the summer heat wave in the United States.

**Key words:** surface temperature, precipitation, El Niño, extreme events, weather and climate, meteorological disaster

## 引 言

世界气象组织发布的《全球气候状况声明》显示,2016 年全球温度相比常年(以 1961—1990 年为基准期)偏高  $0.83(\pm 0.10)^{\circ}\text{C}$ ,超过工业化时代之前的全球温度  $1.1^{\circ}\text{C}$ ,是有气象记录以来最热的一年(WMO,2017)。全球主要温室气体浓度持续上升, $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$  和  $\text{N}_2\text{O}$  浓度分别创历史新高。全球大部分海域的表面温度显著高于常年,年初全球海平面上升速率突破历史极值;北极海冰全年处于较低水平,格陵兰冰盖和北半球积雪的消融程度显著高于常年,南极海冰也从持续多年的高位回到常年平均水平。

在超强厄尔尼诺事件背景下,受大气环流异常影响,全球范围内极端天气气候事件频发,给社会经济和人民生活带来严重影响和损失(WMO,2017)。非洲、中东、北美、南亚和东南亚等地经历极端高温热浪天气;中国大部和美国东部地区年初遭遇寒潮侵袭,多地出现突破历史极值的低温和降雪;全球降水量分布不均,非洲南部、印度和南美洲北部等地持续性干旱少雨导致粮食产量减少以及水资源短缺,而雨季期间欧洲西部、南亚及中国等地降水量远超常年引发严重洪涝灾害。此外,世界多地遭遇由热带气旋引发的自然灾害影响,造成大量人口伤亡和社会经济损失;加拿大遭遇历史上最严重的森林大火,经济损失高达数十亿美元。

极端天气气候事件已成为全球变化背景下气象和气候科学研究中的重点和热点(翟盘茂,2011;翟盘茂和刘静,2012)。近年来,国家气候中心每年都会总结全球范围内发生的重大天气气候事件,并分析典型事件的形成原因,以期为全球变化背景下极端事件变化规律研究提供科学参考(王艳姣等,2014;李清泉等,2015;邵颢等,2016)。本文系统性回顾了 2016 年全球气候概况以及年内发生的重大天气气候事件,并重点分析了典型事件的形成原因。所用资料包括美国 NCEP/NCAR 再分析数据集

(Kalnay et al, 1996) 和美国国家气候数据中心(National Climate Data Center, NCDC)的气候观测资料集(NOAA National Centers for Environmental Information, 2017)。

## 1 全球重大天气气候事件概述

### 1.1 全球温度创历史新高

2016 年全球温度持续上升,相比常年(1961—1990 年)偏高  $0.83(\pm 0.10)^{\circ}\text{C}$ ,超过工业化时代之前的温度  $1.1^{\circ}\text{C}$ ,超过 2015 年成为有气象记录以来最热的一年。观测资料表明,自 2001 年起的 16 个年份中,全球温度均高于常年值  $0.4^{\circ}\text{C}$  以上,其中近 5 年(2012—2016 年)与近 10 年(2007—2016 年)全球温度分别高于常年值  $0.65$  与  $0.57^{\circ}\text{C}$ ,均创历史新高(图 1)。

2016 年年内(图略),1—4 月厄尔尼诺事件期间温度偏高最为明显,其中 2 和 3 月的全球温度距平分别达到  $1.12$  和  $1.09^{\circ}\text{C}$ ,居历史同期第一位;5 月起厄尔尼诺现象逐渐衰退,全球温度距平值也有所下降,但所有月份均大于常年平均值  $0.7^{\circ}\text{C}$  以上。从整体上看,除 7 月以外,1—8 月全球逐月温度均创下历史同期最高纪录,9—12 月逐月温度则仅低于 2015 年同期纪录。

从陆地温度的空间分布来看,北半球 90% 陆地面积的温度偏高  $1^{\circ}\text{C}$  以上,其中俄罗斯北部沿海、阿拉斯加和加拿大西北部等高纬度地区偏高  $3^{\circ}\text{C}$  以上,挪威斯瓦尔巴特群岛甚至超过常年  $6.5^{\circ}\text{C}$ ;南半球温度距平较北半球偏弱,但南美洲北部、澳洲北部和西部以及非洲南部等地温度依然偏高  $1^{\circ}\text{C}$  以上。从海表温度的空间分布来看,全球大部分海表温度高于常年,其中亚热带北大西洋西部、北太平洋西部、阿拉斯加湾、塔斯曼海、印尼及澳洲北部等海域表面温度偏高  $1^{\circ}\text{C}$  以上;而南大洋  $45^{\circ}\text{S}$  以南(特别是德雷克海峡及其以东)、格陵兰以南、北太平洋中部等局部海域温度低于常年(图 2)。

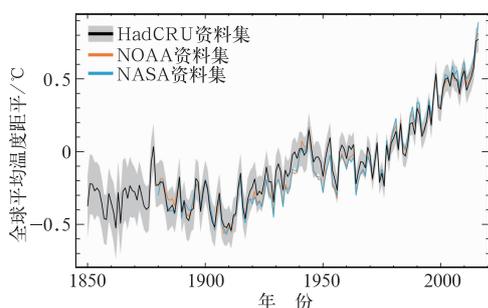


图1 1850—2017年全球平均温度距平  
(相对1961—1990年平均值)  
时间序列(WMO, 2017)

Fig. 1 Global average temperature anomalies  
(compared to the 1961—1990 average)  
during 1850—2017 (WMO, 2017)

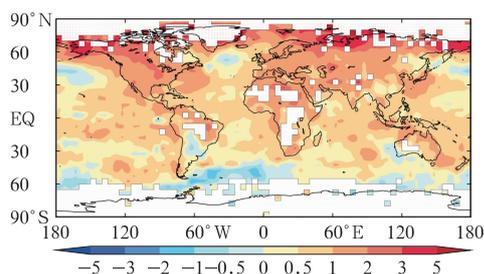


图2 2016年全球平均温度距平  
(相对1961—1990年平均值)  
空间分布(WMO, 2017)

Fig. 2 Global temperature anomalies in 2016  
(compared to the 1961—1990 average)  
(WMO, 2017)

## 1.2 海冰范围创历史新低,海洋环境受升温影响

2016年北极海冰全年处于较低水平,其中3和10月海冰范围创历史同期新低;南极海冰也结束了持续多年的高位回归到常年平均水平,其中11月海冰范围1454万 $\text{km}^2$ ,为历史同期最低值;在南北极海冰范围共同缩减的状况下,11月全球海冰范围相比1979—2015年平均值减少了400万 $\text{km}^2$ ,同创历史同期最低纪录。此外,格陵兰冰盖在夏季的消融程度明显高于常年,北半球积雪也在年初较早开始消融,并在上半年中持续保持较低水平。

在海洋热膨胀和海冰融化的共同作用下,20世纪以来全球海平面已经上升了200 mm。受2015—2016年超强厄尔尼诺影响,全球海平面在2014年11月至2016年2月上升了15 mm,其上升速率远超历史均值,并于2016年初创造了海平面上升最快

纪录;2016年2—8月,在厄尔尼诺事件逐渐衰退的影响下,全球海平面高度保持基本稳定。

海洋的理化特征在升温的影响下发生了显著变化,从而直接影响了海洋食物链和生态系统。调查表明,年内热带海洋珊瑚出现白化现象,最为显著的是澳大利亚东岸的大堡礁地区,部分海域珊瑚死亡率高达50%以上,日本冲绳岛附近局部海域珊瑚死亡率甚至达到70%;斐济、基里巴斯等太平洋岛屿国家也出现了珊瑚白化和鱼类死亡状况。

## 1.3 全球降水分布不均,极端降水事件频发

受超强厄尔尼诺事件影响,2016年全球降水量分布不均且季节反差大,世界多地遭受极端降水事件影响。非洲东部及南部地区、俄罗斯北部及中部地区、赤道西太平洋群岛、中美洲、加勒比海地区、南美洲北部和智利南部等地降水量远低于常年,当地大多数国家遭受干旱影响;而北欧、俄罗斯欧洲部分、哈萨克斯坦、中国东部及南方地区、印度尼西亚、澳大利亚和阿根廷等地降水量显著偏多(图3)。

此外,欧洲西部和中部地区降水量在年内出现了明显转型,其中上半年降水显著偏多,5—6月法国、德国等多地出现明显汛情;下半年降水则显著偏少,法国7和8月降水量分别创历史新低。澳大利亚的降水变化情形则与之相反,2015年9月至2016年4月澳大利亚西北部海岸与东部地区降水明显偏少,其中塔斯马尼亚岛降水量创历史新低,严重旱情引发火灾与电力短缺;2016年5—12月澳大利亚大部降水偏多,东部地区多地月降水量突破历史极值,充沛的雨水促使塔斯马尼亚岛冬季的粮食产量创历史新高(ABARE, 2017)。

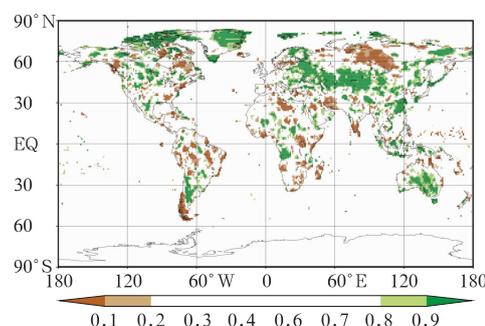


图3 2016年全球降水量在历史基准期  
(1951—2010年)排序百分位(WMO, 2017)

Fig. 3 Total precipitation in 2016  
as a percentile of the 1951—2010  
reference period (WMO, 2017)

### 1.3.1 非洲和拉丁美洲等地受干旱影响

非洲南部是世界范围内受干旱影响最严重的地区,雨季(2015年10月至2016年4月)降水量相比历史同期下降了20%~60%。据联合国粮食及农业组织(Food and Agriculture Organization of the United States, FAO)调查报告,持续多年的干旱少雨导致非洲各地粮食产量大幅下降,2015—2016年谷类作物产量相对2014—2015年下降了13%(相对2013—2014年下降了31%);预计到2017年初,马拉维、安哥拉、赞比亚、津巴布韦、莫桑比克、马达加斯加和莱索托等非洲国家将有超过1800万人需要紧急粮食援助。

巴西的亚马孙流域同样遭遇了连续两年的极端干旱影响,2016年成为该流域历史上最干燥的一年。据统计,亚马孙流域内谷类作物产量相比近5年平均值下降了22%,数条河流的水位异常降低。巴西东北部的其他地区,以及南美洲北部和中美洲的部分国家同样遭遇了严重旱情影响,直到2016年下半年才逐步缓解。

此外,在年初厄尔尼诺盛行期间,印度、越南、埃塞俄比亚和印度尼西亚等国也遭受到数十年不遇的旱灾引发粮食与水资源危机;巴布亚新几内亚、所罗门群岛、瓦努阿图、斐济、汤加、萨摩亚和库克群岛等南太平洋岛屿国家在上半年也遭遇了不同程度的旱情;智利中部和南部地区全年降水量比常年偏少30%~60%,局地干燥程度突破历史纪录,2016年末在持续干燥和高温大风天气的共同作用下发生森林大火,造成一定人员伤亡和财产损失。

### 1.3.2 暴雨洪涝侵袭全球多地

2016年全球多地出现极端降水事件,并引发不同程度的洪涝灾害,其中东亚、南亚、东南亚、欧洲西部以及美国南部地区受暴雨洪涝影响最为严重。

在东亚地区,4—7月中国长江流域降水量比常年偏多40%,其间6月30日至7月6日西南至长江中下游地区遭遇多次暴雨过程,导致了1998年以来中国最严重的洪涝灾害,共造成3391万人受灾,190人死亡失踪,农作物受灾面积308万 $\text{hm}^2$ ,直接经济损失1061亿元;7月18—20日,中国华北地区出现强降水过程引发洪涝灾害,造成1605万人受灾,325人死亡失踪,农作物受灾面积132万 $\text{hm}^2$ ,直接经济损失725亿元;9月上旬,朝鲜北部地区普降暴雨,引发近70年来最大洪水,造成528人死亡失踪。

在南亚及东南亚地区,3月中旬及4月上旬巴

基斯坦多地分别遭遇持续性暴雨天气,引发洪水和泥石流等严重灾害,共造成171人死亡,数十人失踪;5月中旬,斯里兰卡遭遇暴雨引发洪灾和山体滑坡,造成62万人受灾,超过200人死亡;7—9月,印度北部、东部、中部等多地受强降水影响引发严重洪涝灾害,共造成上千人遇难,数百万人流离失所;10月中旬及12月上旬,越南中部出现持续性强降水天气并引发洪水,共造成77人死亡失踪,当地基础设施、农作物和渔场遭到破坏。

在欧洲西部地区,2月中旬,英国遭遇持续性降水导致泰晤士河决堤,引发伦敦城市内涝;5月下旬至6月上旬,法国北部地区降水量超过历史同期两倍以上,塞纳河水位暴涨至30年来最高水平,其中5月28—31日巴黎地区降水量达80~120 mm,于6月初引发洪涝灾害,造成数十人死伤,数万人被紧急疏散,经济损失超过10亿欧元。

在美国南部地区,8月9—15日路易斯安那州累计降雨500~800 mm,其中12日利文斯顿市(Livingstone)在15 h内降水432 mm,突破当地历史极值。连日暴雨引发洪水灾害,导致13人死亡,超过7万间房屋不同程度损毁,经济损失超过100亿美元。

## 1.4 高温热浪席卷非洲、中东、南亚及北美

1月上旬,非洲南部多个地区出现突破历史纪录的高温热浪天气,其中南非最高气温连续数天保持在40℃以上,德班市最高气温达45℃,加剧了当地百年一遇旱情的发展;4月,泰国遭遇有气象记录以来持续时间最长的高温热浪天气,多地最高气温突破历史极值,其中湄宏顺地区最高气温达44.6℃,全国用电量创历史新高;5月上旬,加拿大阿尔伯塔省在经历了历史上最干燥的冬季和春季后,在高温和强风的作用下,发生了历史上最严重的森林大火,大火持续燃烧了近2个月,过火面积59万 $\text{hm}^2$ ,造成2400栋建筑被烧毁,10万居民被疏散,经济损失30亿美元;5月,印度遭遇持续性高温热浪天气,其北部城市珀洛迪5月19日最高气温达51.0℃,刷新了印度60年来最高气温纪录;7月,高温热浪席卷中东及北非地区,科威特、伊拉克、伊朗等多国最高气温突破历史极值,7月21日,科威特西北部的米特巴哈小镇(Mitribah)的气温达到54℃,为2016年全球最高气温;7月下旬,美国中部和东部地区遭遇高温热浪袭击,纽约、费城和华盛顿的气温持续维持

在35~38℃,25日下午气温达到百年来最高纪录。同时,美国南加州由于炎热干燥天气引发山火,过火面积达1.2万hm<sup>2</sup>。

### 1.5 寒流和暴雪袭击东亚及北美

1月下旬,中国大部地区遭遇寒潮天气,降温幅度在6℃以上区域占国土面积的90%,山东、江苏和浙江等19个省(区、市)69个县、市最低气温跌破历史极值,降雪线压至华南地区,为1951年有气象记录以来最南端,强降温和低温雨雪冰冻对当地交通、电力、农业和人体健康等造成较大影响。1月下旬,美国东部地区遭遇寒流和暴风雪侵袭,过程影响范围波及美国20个州,其中11个州宣布进入紧急状态,华盛顿、纽约、费城等地积雪深度达60~70cm,共8500万人受到影响,42人因灾死亡,13200余个航班被取消。2月中旬,中国中东部再次遭遇寒潮袭击,除青藏高原及云南外,大部分地区过程最大降温幅度普遍有8~16℃,大风及雨雪天气导致部分地区交通受阻、航班延误。

### 1.6 全球多地受热带气旋影响

2016年,全球范围内共生成82个热带气旋,在总量上与常年基本持平;其中北大西洋和东太平洋生成热带气旋较常年偏多,而南半球较常年明显偏少,特别是澳洲仅生成3个热带气旋,是有记录以来最少的一年。从影响来看,北美洲、中美洲、亚洲和大洋洲等多地受到热带气旋影响最为严重,导致了重大人员伤亡及经济损失。

2月下旬,飓风温斯顿(Winston)袭击斐济,登陆时中心附近最大风力17级,为有史以来袭击南半球的最强飓风,随风伴有12m高巨浪,共造成44人死亡,5万多人流离失所,经济损失14亿美元。

7月上旬,台风尼伯特(Nepartak)先后在中国台湾台东和福建泉州石狮沿海登陆,登陆强度分别为16级(55m·s<sup>-1</sup>)和10级(25m·s<sup>-1</sup>),为1949年以来登陆中国的最强初台,共造成105人死亡失踪,87.4万人受灾,直接经济损失124.6亿元。

8月下旬,台风狮子山(Lionrock)导致咸镜北道等朝鲜全域普降暴雨,4日内降水量超过320mm,朝鲜图门江流域出现有记录以来规模最大的洪水,造成14万人受灾,528人死亡失踪,1.2万间房屋被损毁。

9月中旬,台风莫兰蒂(Meranti)以强台风级别

在中国福建省厦门沿海登陆,登陆时中心附近最大风力15级(48m·s<sup>-1</sup>),造成375.5万人受灾,44人死亡失踪,直接经济损失316.5亿元。

10月上旬,近10年来最强飓风马修(Matthew)登陆海地,重创加勒比海地区,造成海地上千人死亡,140万人急需救助;飓风同时造成美国27人死亡,近200万家庭和企业失去电力,经济损失高达150亿美元。

### 1.7 亚洲部分地区遭遇严重空气污染

11月上旬,印度首都新德里及周边地区遭遇了近17年以来最严重的霾天气,其中5日新德里南部地区空气中细颗粒物(PM<sub>2.5</sub>)甚至超过900μg·m<sup>-3</sup>,致使1800所小学被迫停课5天。11月中旬,伊朗首都德黑兰及周边地区遭遇严重霾天气,德黑兰幼儿园及小学宣布停课,当地心脑血管和呼吸系统疾病发病率增加,政府采取交通限号管制。12月中旬,蒙古国首都乌兰巴托遭遇严重空气污染,其中12月16日巴扬霍舒区PM<sub>2.5</sub>浓度一度飙升至1985μg·m<sup>-3</sup>,超过世界卫生组织(World Health Organization, WHO)给出的推荐安全值标准近80倍;12月16—21日,中国华北、黄淮等地经历持续性霾天气,重度霾覆盖面积超过70万km<sup>2</sup>,北京、天津和石家庄等27个城市中小学和幼儿园停课放假,多个机场出现航班大量延误和取消,多条高速公路关闭,呼吸道疾病患者增多。

### 1.8 龙卷风袭击美国和中国

美国是世界上遭受龙卷风侵袭最为频繁的国家之一,2016年龙卷风在美国造成十余人死亡,数十人受伤。1月17日,美国佛罗里达州西南部遭遇龙卷风袭击,导致2人死亡。2月23日,龙卷风横扫美国南部,造成3人死亡,30余人受伤。3月30日,美国俄克拉荷马州遭遇龙卷风袭击,造成塔尔萨市7人受伤。5月9日,美国俄克拉荷马州等地再次遭龙卷风袭击,导致2人死亡。11月29—30日,美国南部的亚拉巴马州、田纳西州、路易斯安那州和得克萨斯州遭遇多个龙卷风袭击,造成5人死亡,多人受伤。

6月23日,中国江苏省盐城市遭受历史罕见的龙卷风、冰雹特大灾害,阜宁县最大风速达34.6m·s<sup>-1</sup>,突破历史极值,阜宁县城北出现直径达20~

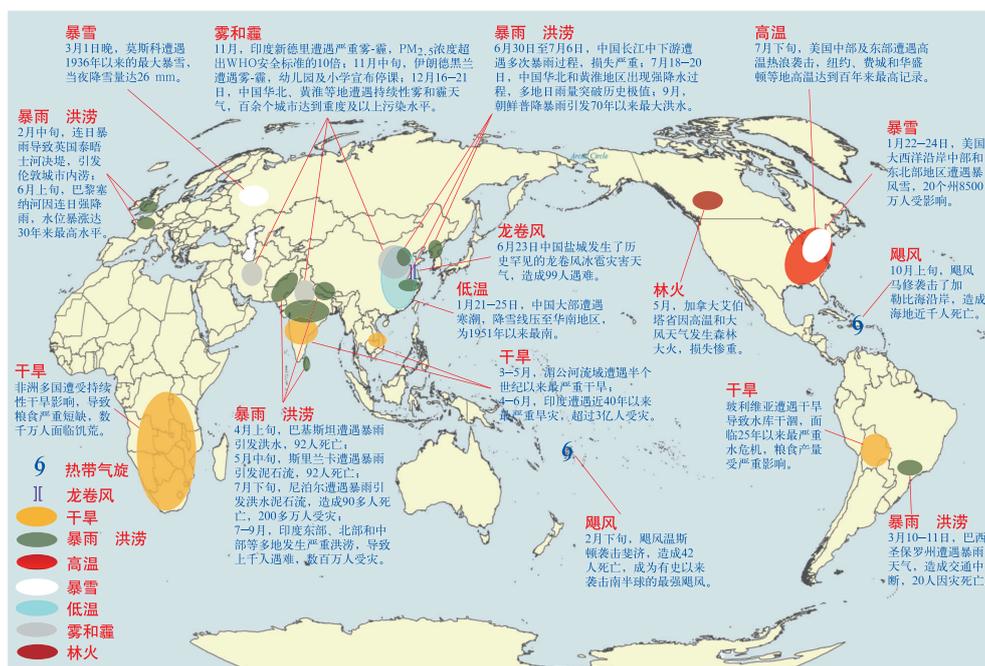


图 4 2016 年全球重大天气气候事件示意图

Fig. 4 Diagram of global major weather and climate events in 2016

50 mm 的冰雹,盐城大部出现强降雨。此次强对流天气造成 99 人死亡,846 人受伤,1.8 万间房屋倒塌,3.8 万间被损坏。

综上所述,图 4 为 2016 年全球重大天气气候事件示意图。

## 2 典型重大天气气候事件可能成因分析

### 2.1 中国长江中下游降水异常偏多

2016 年 6 月下旬至 7 月中旬,北半球中高纬 500 hPa 平均位势高度场呈现经向型环流特点,亚洲大陆受“两槽一脊”的环流型控制,贝加尔湖高压脊及鄂霍次克海高压脊均偏强,位于东亚东北部的高空槽强度也较常年同期偏强,造成东亚中高纬地区对流层中高层的环流经向度更为明显,有利于高纬冷空气南下入侵我国(图 5)。同期,西太平洋副热带高压(以下简称西太副高)偏强偏西,有利于低纬西南暖湿气流向北输送(袁媛等,2017)。冷暖气团的共同作用下,水汽通量异常辐合区主要位于长江中下游地区,导致我国中东部地区出现强降水和强对流天气。

太平洋-印度洋海温的共同作用是造成 2016 年夏季西太副高形势持续异常的一个重要因素。2015

年冬季,厄尔尼诺事件发展至顶峰,中东太平洋海表温度的异常偏暖可通过使沃克环流异常下沉支增强,导致热带印度洋上空云量减少,太阳辐射增加,从而造成 2016 年春季以来热带印度洋海表温度升高。而春季北印度洋上的暖海温异常加大了水汽蒸发和海陆温差,导致感热加热异常增大,孟加拉湾北部地区近地层出现气旋式环流(图 6),其东部异常发展的偏南风向北输送大量水汽,产生异常降水。异常降水发展的同时产生潜热加热,在对流层中低层由于加热随高度减小,南风发展,副高在加热区东侧加强,造成其异常的偏西偏强(吴国雄和孟文,1998;李崇银等,2001)。

2016 年 6 月中旬至 7 月上旬西太副高较常年同期显著偏强,脊点西伸,脊线位置稳定维持在  $23^{\circ} \sim 24^{\circ} \text{N}$  附近(图 7)。西太副高的偏强偏西导致中国东南部地区地转风加强;而副高位置稳定,造成局地变压大值区位置稳定维持在江南南部地区,有利于江南南部地区非地转风的增强,造成这一时段内西南低空急流在江南南部地区强度偏强(图 8a)。作为水汽输送“管道”,强度偏强的低空急流可将大量水汽向内陆地区输送。这一时段内,受副高偏强偏大且脊线位置稳定影响,西南低空急流在长江以南地区的异常偏强,是造成雨带在长江中下游地区维持的重要原因。

另外,2016 年汛期菲律宾附近对流层低层为异常反气旋环流控制。这使得来自西北太平洋的水汽输送偏强,其与中高纬的弱冷空气配合,造成水汽通量异常辐合区主要位于长江中下游地区(图 8b 和 8c),由此导致长江中下游地区降水较常年同期明显偏多(Zhang et al, 1999; Wang and Zhang, 2002;袁媛等,2017)。

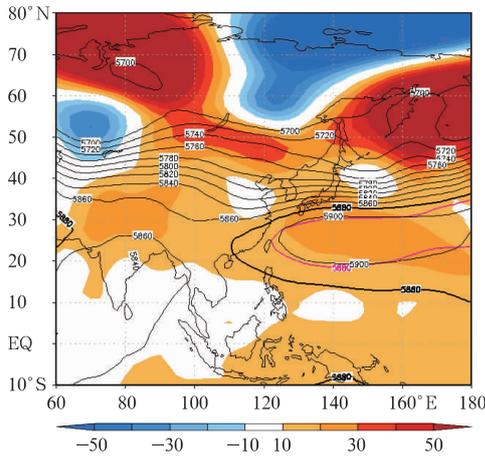


图 5 2016 年 6 月 21 日至 7 月 20 日 500 hPa 位势高度场(等值线)及其异常(阴影)分布(单位:gpm)

Fig. 5 Geopotential height of 500 hPa (contour) and its anomalies (shadow) from 21 June to 20 July 2016 (unit: gpm)

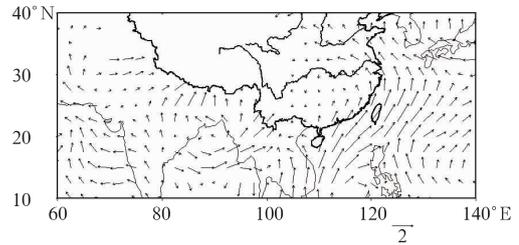


图 6 2016 年 3—5 月 1000 hPa 异常风场(单位: $m \cdot s^{-1}$ )

Fig. 6 The 1000 hPa anomalous wind vectors (unit:  $m \cdot s^{-1}$ ) from March to May 2016

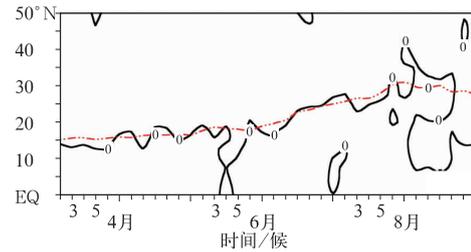


图 7 2016 年 3—9 月 115°~145°E 平均 500 hPa 副高脊线位置变化(虚线为气候平均值)

Fig. 7 The position change of 500 hPa subtropical high ridge line on average 115°—145°E during March to September 2016 (dotted line is for the normal state)

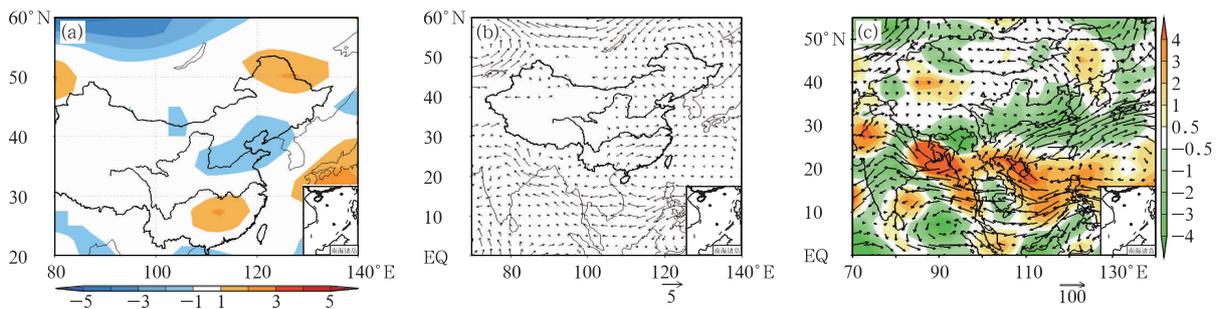


图 8 2016 年 6—7 月 850 hPa 异常低空急流(a,单位: $m \cdot s^{-1}$ )、风场(b,单位: $m \cdot s^{-1}$ )及对流层整层积分水汽输送距平场(c,矢量,单位: $kg \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}$ ;阴影区为水汽通量散度距平场,单位: $10^{-5} kg \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$ )

Fig. 8 The 850 hPa anomalous low-level jet (a, unit:  $m \cdot s^{-1}$ ), wind vectors (b, unit:  $m \cdot s^{-1}$ ) and integrated water vapor transportation anomalies (vector, unit:  $kg \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}$ ) in the whole layer (c) from June to July 2016 (Shadows donate water vapor flux divergence anomalies, unit:  $10^{-5} kg \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$ )

## 2.2 美国中部及东部高温热浪成因

7 月下旬,美国中部和东部地区遭遇高温热浪

袭击,纽约、费城和华盛顿的气温持续维持在 35~38℃,25 日下午上述地区最高气温达到百年来最高纪录。这次过程也是 2013 年以来纽约地区经历的

最长时间的高温热浪天气过程。

全球变暖是 7 月美国中东部发生高温事件的气候背景。自 1850 年以来,全球平均地表气温呈上升趋势,近 5 年(2012—2016 年)全球平均温度相比 1981—2010 年偏高  $0.34^{\circ}\text{C}$ ,2016 全球温度超过 2015 年  $0.06^{\circ}\text{C}$ ,连续第三年刷新纪录(WMO,2017)。

从环流形势看,7 月下旬对流层中高层 500 hPa 位势高度场上,副高强度异常偏强,位置异常西伸,以 5920 gpm 等值线标识的高压主体呈带状分布,控制了美国南部大部地区,高压中心位于美国本土,中心强度超过 5940 gpm(图 9)。另外,从 2016 年 7—8 月 500 hPa 的  $40^{\circ}\text{N}$  时间经度剖面图也可看出,7 月下旬 5880 gpm 线一直控制美国中东部地区(图 10),受其影响,美国中东部地区处于正的位

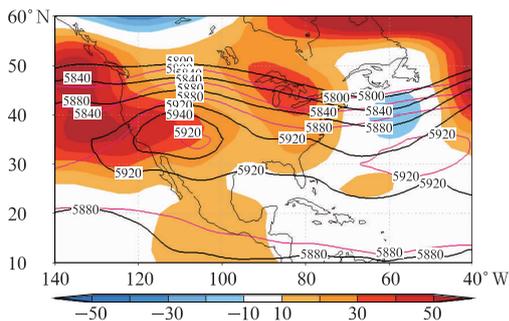


图 9 2016 年 7 月 21—31 日 500 hPa 位势高度场(等值线)及其异常(阴影)分布(单位:gpm)

Fig. 9 Geopotential height of 500 hPa (contour) and its anomalies (shadow) from 21 to 31 July 2016 (unit: gpm)

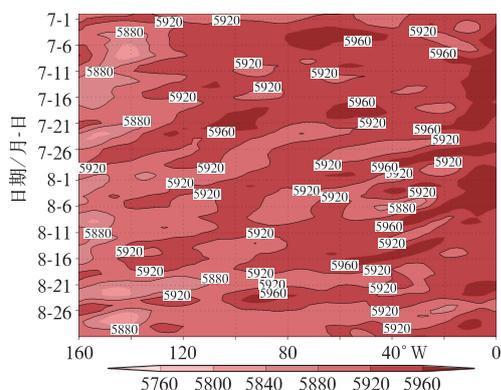


图 10 2016 年 7—8 月  $40^{\circ}\text{N}$  500 hPa 位势高度场的时间-经度剖面图(单位:gpm)

Fig. 10 The time-longitude section of  $40^{\circ}\text{N}$  500 hPa geopotential height from July to August 2016 (unit: gpm)

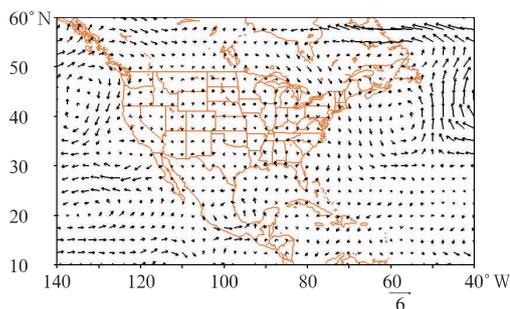


图 11 2016 年 7 月 21—31 日 850 hPa 异常风场矢量图(单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )

Fig. 11 The 850 hPa anomalous wind vectors from 21 to 31 July 2016 (unit:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )

势高度异常影响下,盛行下沉气流,天气晴热;再加上晴空条件下的辐射加热作用,导致这一地区温度异常偏高。

低层风场上,7 月墨西哥湾东北部地区存在一异常反气旋性环流系统(图 11)。该系统的存在阻断了来自低纬度热带大西洋暖湿气流向北输送的通道,导致输送到美国中东部地区的水汽异常偏少,使得这一地区的高温情况加剧。

### 3 结 论

2016 年全球表面温度持续升高,相比 1961—1990 年平均值偏高  $0.83^{\circ}\text{C}$ ,超过 2015 年成为有气象记录以来最热的一年。北极海冰全年处于较低水平,南极海冰结束持续多年的高位回归到常年平均水平。2016 年初全球海平面上升速率创历史新高,澳大利亚、日本和斐济等地附近海域受升温影响出现珊瑚白化和鱼类死亡状况。在超强厄尔尼诺事件背景下,受大气环流异常影响,全球范围内极端天气气候事件频发。非洲南部、巴西、智利、印度、越南、埃塞俄比亚、印度尼西亚以及南太平洋部分岛屿国家出现严重旱情,引发不同程度的粮食和水资源危机;东亚、南亚、东南亚、欧洲西部以及美国南部地区遭遇严重暴雨洪涝影响。年内,高温热浪席卷非洲、中东、南亚及北美,许多地区观测到突破历史极值的最高气温;1—2 月中国大部和美国东部地区多次遭遇寒流和暴雪侵袭,导致部分地区交通受阻、航班延误。年内全球生成的热带气旋总量与常年基本持平,北美洲、中美洲、亚洲和大洋洲等地受到热带气旋的影响最为严重,其中 10 年来最强飓风马修重创海地、美国及加勒比海地区。此外,11—12 月印度

新德里、伊朗德黑兰、蒙古国乌兰巴托及其周边地区遭遇严重空气污染,中国华北、黄淮等地也经历了持续性霾天气。美国和中国还遭遇了龙卷风袭击,其中中国江苏省盐城市遭受历史罕见的龙卷风冰雹特大灾害,导致严重人员伤亡和一定财产损失。

2016年夏季西太副高偏西偏强,致使西南低空急流作为水汽通道将低纬暖湿气流向长江流域输送,配合同期亚洲东北部的高空槽引导高纬冷空气南下,冷暖气团的共同作用导致了中国长江流域强降水事件频发、汛情严重。2016年7月,北美副高系统在美国境内一段时期内的稳定停滞以及低纬水汽输送条件偏差,是美国中东部地区发生高温热浪天气的主要原因。

### 参考文献

- 李崇银,穆明权,潘静,2001. 印度洋海温偶极子和太平洋海温异常[J]. 科学通报,46(20):1747-1751.
- 李清泉,王安乾,周兵,等,2015. 2014年全球重大天气气候事件及其成因[J]. 气象,41(4):497-507.
- 邵颢,廖要明,柳艳菊,等,2016. 2015年全球重大天气气候事件及其成因[J]. 气象,42(4):489-495.
- 王艳姣,高蓓,周兵,等,2014. 2013年全球重大天气气候事件及其成因[J]. 气象,40(6):759-768.
- 吴国雄,孟文,1998. 赤道印度洋太平洋地区海气系统的齿轮式耦合和 ENSO 事件: I. 资料分析[C]. 大气科学,22(4):470-480.
- 袁媛,高辉,柳艳菊,2017. 2016年夏季我国东部降水异常特征及成因简析[J]. 气象,43(1):115-121.
- 翟盘茂,2011. 全球变暖背景下的气候服务[J]. 气象,37(37):257-262.
- 翟盘茂,刘静,2012. 气候变暖背景下的极端天气气候事件与防灾减灾[J]. 中国工程科学,14(9):55-63.
- ABARE,2017. Australian Crop Report[R/OL]. <http://www.agriculture.gov.au/abares>.
- Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al,1996. The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project[J]. Bull Amer Meteor Soc, 77(3): 437-472.
- NOAA National Centers for Environmental Information,2017. State of the Climate: Global Analysis for February 2017[R/OL]. <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201702>.
- Wang B,Zhang Q,2002. Pacific-East Asian teleconnection. Part II: how Philippine Sea anomalous anticyclone established during El Niño development[J]. J Climate,15(22):3252-3265.
- WMO,2017. WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2016[R/OL]. [http://library.wmo.int/opac/doc\\_num.php?explnum\\_id=3414](http://library.wmo.int/opac/doc_num.php?explnum_id=3414).
- Zhang R H, Sumi A, Kimoto M,1999. A diagnostic study of the impact of El Niño on the precipitation in China[J]. Adv Atmos Sci, 16(2):229-241.